

## PROYECTO INTEGRADOR

### MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (DFM) EN TELEFONÍA FIJA

Se implementará un sistema de multiplexado (transmisión y recepción) por división en frecuencia (DFM) para la transmisión de tres canales de voz en banda base para telefonía fija.

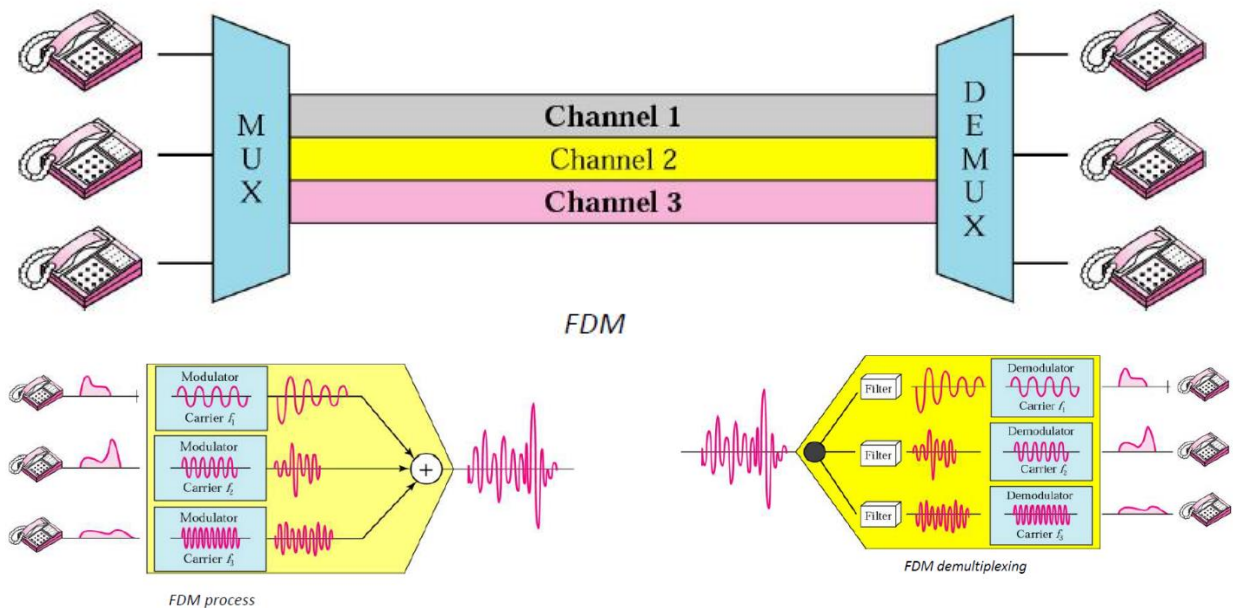


Figura 1: multiplexado por división en frecuencia (DFM) de canales de telefonía fija.

En la figura 2 se representa el sistema a implementar.

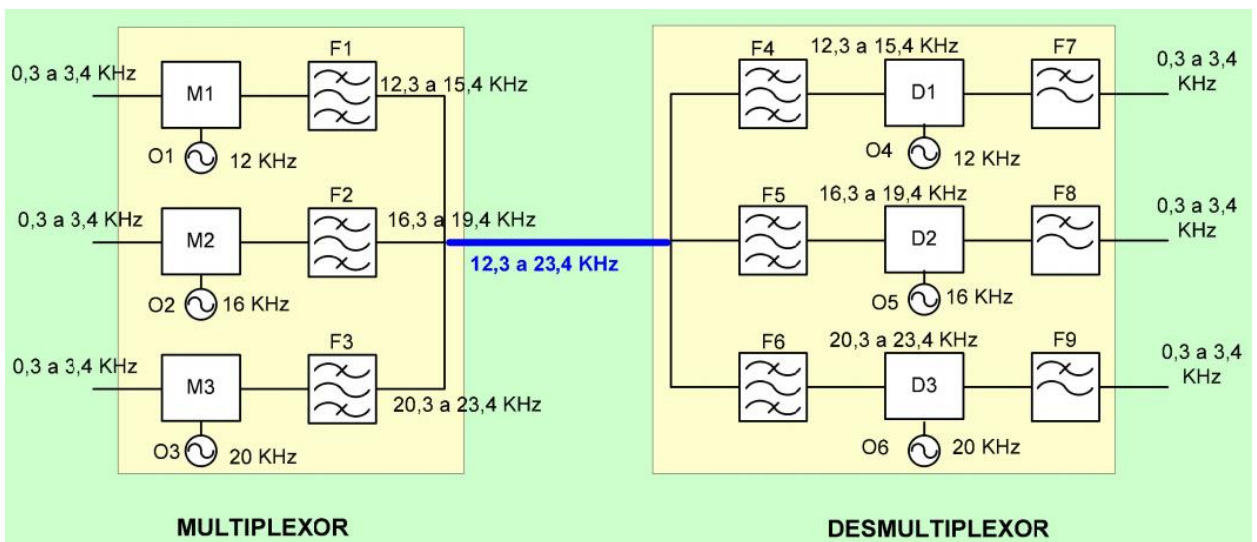


Figura 2: Sistema de multiplexado y demultiplexado por división en frecuencia.

La señal de banda base está limitada entre 300 Hz a 3,4 kHz.

Se utilizarán las frecuencias de portadoras indicadas en la figura.

La frecuencia de muestreo de la portadora de banda ancha será de 120 kHz

La frecuencia de muestreo de la señal de banda base, tanto a la entrada como a la salida, será de 8 kHz.

## PLAN DE TRABAJO

### Adquisición de las señales de voz

Se tomarán tres conjuntos de tres registros cortos de señales de voz (de no más de tres segundos) con una frecuencia de muestreo de 16 KHz, 24 kHz y 32 kHz, con la mayor cantidad de bits que soporte la placa de audio. Los registros corresponderán a distintas personas, debe haber al menos un varón y una mujer.  
Representar gráficamente el espectro correspondiente a cada uno de los registros.

### Adecuación de la señal de banda base

En la portadora de banda ancha la señal de cada portadora se limita al espectro de 300 Hz a 3,4 KHz. En esta etapa se aplicará un filtro Butterworth digital pasa bajos que para la frecuencia límite de la zona de paso  $f_p = 3400 \text{ Hz}$  tendrá una atenuación  $A_p = 1 \text{ dB}$ . Se fija este valor porque en el sistema se aplican varios filtros, la atenuación total del sistema para la frecuencia  $f_p = 3400 \text{ Hz}$  no deberá superar los 3 dB.

- Si se digitalizara la señal con una frecuencia de muestreo  $f_s = 8 \text{ kHz}$  se debería aplicar previamente un filtro analógico antialiasing. Diseñar este filtro, determinar el orden de la función de transferencia, encontrar los valores de los coeficientes y graficar la respuesta en amplitud y en fase.
- Diseñar los filtros pasa bajos correspondientes a cada una de las frecuencias de muestreo en que se tomaron cada conjunto de señales. Determinar el orden de la función de transferencia, encontrar los valores de los coeficientes, graficar la respuesta en amplitud y en fase, la ubicación de los polos y ceros y la respuesta al impulso de cada filtro.
- Utilizando la función "filter" de Matlab encontrar las señales de salida de cada uno de los filtros. Representar gráficamente el espectro de cada una de estas señales. Seleccionar el conjunto de registros con los que se trabajará en el proyecto, justificar la selección realizada.
- A cada señal del conjunto de registros de voz seleccionados reducir la frecuencia de muestreo a 8 KHz y la cantidad de bits a 12, estas serán las señales de entrada al sistema. Representar gráficamente el espectro de cada una de ellas. Para cada registro reproducir el audio original y el de entrada al sistema.

### Implementación del multiplexado

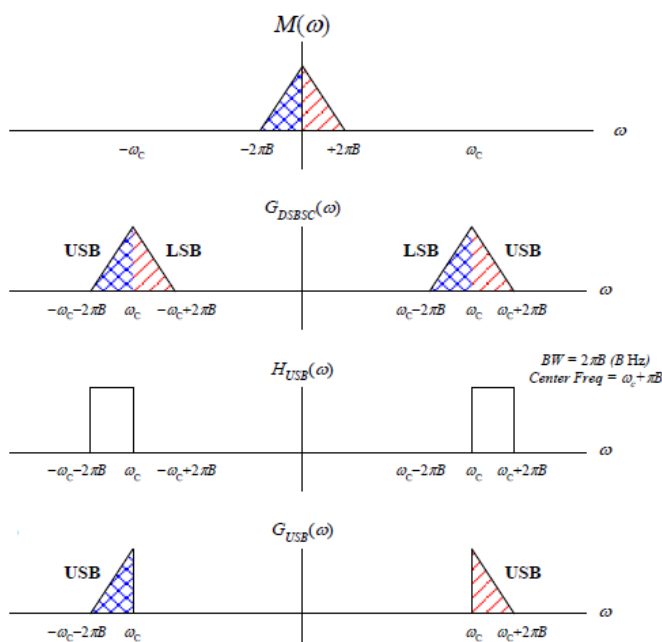


Figura 3: espectro de la señal en el multiplexado en frecuencia

En la figura 3 se representa la implementación del multiplexado, este se realiza en dos etapas, primero se realiza el desplazamiento en frecuencia y luego se aplica un filtro pasa banda para eliminar una de las bandas laterales.

En la implementación en forma digital este proceso se realizará en una sola etapa:

- Se pasa de la frecuencia de muestreo de 8 KHz de la señal de banda base a la frecuencia de muestreo de 120 KHz agregando valores nulos a la señal de banda base, como se muestra en la figura 4. En la figura 5 se muestra el espectro de la señal obtenida, justificar este resultado.

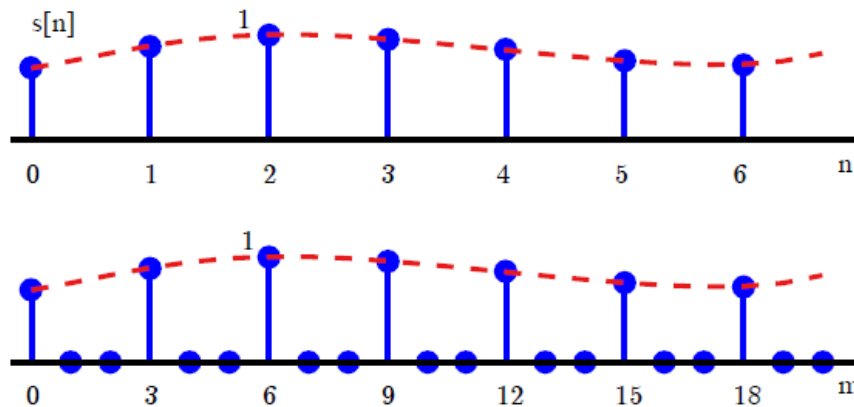


Figura 4: incremento de la frecuencia de muestreo de la señal de banda base.

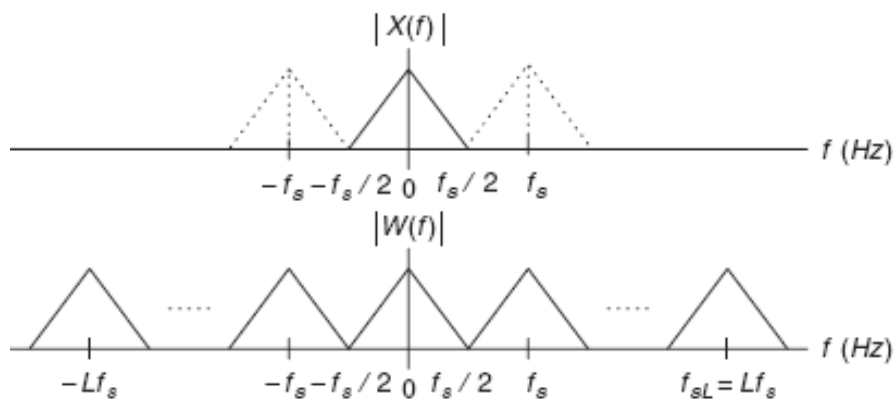


Figura 5: espectro de la señal de banda base con valores nulos intercalados.

- La señal de banda lateral única desplazada en frecuencia se obtiene aplicando un filtro FIR pasa banda a la señal anterior. Para la segunda portadora, que va de 16 kHz a 20 kHz el filtro FIR se aplica directamente, para las otras dos portadoras antes se debe desplazar el espectro de la señal en 4 kHz.
- Debe implementarse procesando muestra a muestra en un lazo "for" ( o "while"), en cada iteración se obtiene una muestra de salida de la señal multiplexada (señal de banda ancha), haciendo la suma del procesamiento de las muestras correspondientes a cada una de las señales adquiridas. Este procesamiento es similar al que se implementa en un sistema de tiempo real.
- El filtro FIR debe implementarse optimizando recursos, teniendo en cuenta que la señal de entrada es una señal rala (la mayoría de los valores son nulos), por lo que pueden evitarse una gran cantidad de productos.

Representar gráficamente el espectro de la señal multiplexada (señal de banda ancha).

### **Implementar el demultiplexado**

En la figura 3 se representa la implementación del demultiplexado, este se realiza en tres etapas, primero se aplica a la señal de banda base un filtro pasa banda, se hace para cada portadora, luego se hace el desplazamiento en frecuencia y finalmente se aplica un filtro pasa bajos.

En la implementación en forma digital este proceso se realizará en una sola etapa:

- Se aplica un filtro FIR pasa banda a la señal de banda ancha, esto se hace para cada portadora.
- La señal de banda base de salida se obtiene reduciendo la frecuencia de muestreo de la señal de salida del filtro pasa banda a 8 kHz (esto se hace descartando muestras de la señal). Para la primera y tercera portadora, antes de implementar el filtro pasa banda debe desplazarse el espectro de la señal de banda ancha en 4 kHz.
- Debe implementarse procesando muestra a muestra en un lazo "for" ( o "while"), en cada iteración se obtiene una muestra de salida de la señal de banda base a la frecuencia de muestreo de 8 kHz. Este procesamiento es similar al que se implementa en un sistema de tiempo real.
- El filtro FIR debe implementarse optimizando recursos, calculando solo las señales de salida que no son descartadas.

Representar el espectro de las señales obtenidas. Para cada registro reproducir el audio de entrada al sistema y de salida del sistema.

### **Reglamento para realizar el Informe y la Presentación Oral**

El Trabajo Integrador comprende un Informe Escrito y una Presentación Oral, y debe ser realizado por Grupo con la participación de todos sus integrantes.

Para aprobar/promoveres obligatoria la participación del alumno en la presentación, ya que la calificación es individual.

#### **Informe Escrito:**

1. El informe debe ser escrito en formato A4. Incluir el enunciado.
2. Todos los puntos deben ser desarrollados en forma analítica para el caso general.
3. Antes de la presentación cada grupo deberá entregar un ejemplar del informe.
4. Contenido del informe:
  - Carátula (Asignatura, Grupo y Nombre de los integrantes, Año de cursado) Enunciado.
  - Resumen (Explicación del caso de estudio)
  - Desarrollo del tema. Detallar los procedimientos utilizados. Incluir sus apreciaciones y comentarios sobre los resultados obtenidos.
  - Conclusiones
  - Herramientas teóricas y prácticas utilizadas
  - Referencias
5. Junto al Informe entregar todo lo concerniente al Proyecto Integrador grabado (Incluir informe, programas y pruebas desarrolladas, y la presentación).

#### **Presentación Oral:**

6. Preparar una presentación oral para exponer el trabajo en forma grupal (preferentemente desarrollada en Power Point).
7. En la presentación oral deberán estar presentes y participar todos los miembros del grupo.